

**Wolfgang Weller**

## **Vorschlag einer Drohnen-basierten Verkehrslösung**

*– create the future –*

### **1. Das anstehende Verkehrsproblem**

Der beständige Anstieg des Verkehrsaufkommens hat einen Umfang erreicht, der in den Innenstädten immer häufiger zum Verkehrsfarkt und auf den Autobahnen zu Staus endloser Länge führt. Die Folgen dieser Entwicklung sind entnervte Anwohner, verzweifelte Fahrzeugführer und eine zunehmend geschädigte Natur. Die Grenzen der Ausbaufähigkeit der Verkehrswege (Straßennetze, Flughäfen) und Vergrößerung der Fahrzeuge (Gigaliner, Großraumflugzeuge, Kreuzfahrtriesen und Superfrachter) sind längst erreicht. Die restlichen Potenziale zur Verminderung der Verkehrsmisere sind somit nahezu ausgeschöpft. Es ist daher an der Zeit, über komplett neuartige Verkehrslösungen nachzudenken und dazu entsprechende Vorschläge zu unterbreiten.

### **2. Der mögliche Verkehrsraum der Zukunft**

Sucht man nach innovativen Verkehrslösungen, so besteht nach Lage der Dinge nur die Aussicht einer wirksamen Verkehrsentslastung, wenn es gelingt, die 3. Dimension für die Beförderung zumindest eines Teils des Waren- und vielleicht auch des Personenverkehrs zu erschließen. Die Verlockung zur Nutzung dieses riesigen unstrukturierten Raums für Verkehrszwecke ist sicherlich groß, birgt aber auch gewisse Risiken. Einschränkungen bestehen vor allem hinsichtlich der bestehenden Kollisionsgefahr mit den sich im Luftraum immer zahlreicher tummelnden Düsenjets wie auch von Privatflugzeugen. Weitere Bedenken betreffen die Eignung der verfügbaren Luftfahrzeuge angesichts des zumeist verursachten Fluglärms sowie der Luftbelastung mit schädlichen Abgasen.

Die Nutzung des Luftraums für Transportzwecke erfolgt zwar bereits in Gestalt des Luftverkehrs auf der Basis von Flugzeugen, jedoch ist diese Verkehrsart wenig geeignet für die Bewältigung der alltäglichen Verkehrsanforderung, gekennzeichnet durch erhebliche Individualisierung der Transportleistungen sowie durchaus auch der Bedienung des Kurzstreckenbetriebs. Hinzu kommen die enorme Lärmbelastung sowie die Umweltschädlichkeit der Antriebssysteme. Ergo richten sich unsere Blicke auf mögliche andere Luftverkehrssysteme, die für den vorstehenden Zweck besser geeignet sind.

### **3. Der zu erfüllende Forderungskatalog**

Um unseren Bemühungen eine möglichst klare Zielrichtung zu geben, stellen wir zunächst einen Forderungskatalog auf, der die nachfolgend aufgeführten Bedingungen enthält:

- geeignet sowohl für den Güter- als auch Personentransport
- geringe Geräuschemission
- keine klimaschädlichen Abgase
- Erreichbarkeit beliebiger Zielorte ohne Berücksichtigung zu überfliegender Wasserflächen
- Vermeidung des Überfliegens sensibler Gebiete (Menschenansammlungen, bewohnte Gebiete, Flugplätze, Gefängnisse, militärische Objekte)
- geringe Anforderungen an die Start- und Landeplätze

- mäßige Flughöhe (gedacht ist an Höhen von 400 - 800 m)
- autonome Flugdurchführung
- Betriebssicherheit hinsichtlich des Ausfalls einzelner Rotoren
- automatische Kollisionsverhinderung von Zusammenstößen sowohl mit ortsfesten Hindernissen als auch mobilen Objekten
- strikte Begrenzung der Anzahl der Fluggeräte, Betrieb durch konzessionierte Firmen und Ausschluss des Erwerbs als Privateigentum
- Verfügbarkeit eines großen Entwicklungspotenzials

#### 4. Auswahl der für den Luftraum vorgesehenen Fahrzeuge

Eine der wichtigsten Aufgaben wird die Bestimmung der Art von Luftfahrzeugen sein, die für den hier vorgesehenen Lufttransport infrage kommt. Durchmustert man dazu die bekannten flugtechnischen Mobilitätsträger der 3. Dimension, so zählen dazu in erster Linie die Flugzeuge. Diese Luftverkehrsmittel sind jedoch eher für den Langstreckentransport geeignet, erzeugen erheblichen Fluglärm und sind entsprechend der derzeit verwendeten Antriebsart umweltschädlich.

Auch die Helikopter scheiden bei Anerkennung ihres spezifischen Nutzens für unsere Zwecke als Kandidaten aus, wofür vor allem der erhebliche Fluglärm und der große Durchmesser des einzigen Rotors verantwortlich sind.

Interessant ist hingegen eine in neuerer Zeit hinzugekommene neue Art flügelloser Luftfahrzeuge in Gestalt der *Drohnen* [1]. Die Drohnen treten als sog. *Multicopter* in Erscheinung und verfügen über 4, 6, 8 oder auch mehr elektrisch angetriebene Rotoren. Diese Luftfahrzeuge werden in der Branche den *VTOLs* (*Vertical Take-Off and Landing Systems*) zugerechnet. Zu den Vorzügen dieser Kategorie zählen vor allem die erhöhte Flugsicherheit dank der Verteilung der Auftriebserzeugung auf mehrere Rotoren, die geringe Geräuschemission und Umweltfreundlichkeit auf Grund des elektrischen Antriebs und nicht zuletzt das erkennbar große Entwicklungspotenzial dieses Luftverkehrsmittels. Damit werden die im zuvor aufgeführten Forderungskatalog erhobenen Bedingungen weitgehend erfüllt.

Zu den ersten, die sehr schnell das enorme Einsatzpotenzial der Drohnen erkannten, gehören die Militärs. Zunächst für die Fernerkundung möglicher Feindgebiete vorgesehen, wurden die Drohnen alsbald mit Waffen bestückt und somit zu Trägern einer Ladung. Der Einsatz dieser Vernichtungswaffen oblag dabei Telepiloten, der von einem über tausende Kilometer entfernten Ort aus den Einsatzbefehl dieses Kampfmittels gaben. In der nächsten Entwicklungsstufe ist womöglich vorgesehen, solchen Kampfdrohnen auch noch die selbstständige Auslösung der zerstörerischen Waffe zu übertragen.

Für unsere Zwecke knüpfen wir an die zivilen Einsatzmöglichkeiten der Drohnen an, die derzeit eine grandiose Entwicklung durchlaufen. Diese entstanden zunächst in der Form von *Minidrohnen*, die mit Kameras unterschiedlicher Art und entsprechender Bildrückübertragung ausgestattet waren. Diese wurden vom Boden aus mittels einer Konsole unter Sichtkontrolle manuell gesteuert wurden. Damit lassen sich auf einfache Art Luftbilder gewinnen, wofür sich sehr bald viele Interessenten begeisterten. Zu den ersten Nutzern zählten u. a. Hobbyflieger, Fotografen, Filmemacher, Immobilienmakler. Diesen folgten kommerzielle Interessenten, die solche Minidrohnen zur Überwachung von Bauwerken, Leitungsnetzen, Windkraftanlagen Seegebieten, Nationalparks und anderen Objekten nutzen.

Bei den prinzipiell unbemannten Drohnen unterscheidet man zwischen unterschiedlichen Betriebsarten. Die eine Art ist dadurch gekennzeichnet, dass die Flugbewegungen – wie bereits erwähnt – vom Boden aus von Personen mittels Fernsteuerung und unter Sichtkontakt oder auch mittels einer Bildfernübertragung von abgelegenen Ort ausgelenkt werden. Die andere Betriebsart verzichtet auf eine Personensteu-

erung und setzt dafür auf eine *autonome* Flugdurchführung. Eine unmittelbare Sichtkontrolle ist in diesem Falle nicht mehr erforderlich. Hilfreich ist dennoch eine Bildrückübertragung, was das Mitführen einer bordeigenen Kamera erfordert.

Unser Interesse richtet sich auf Drohnen dieser zweiten Bauart, an deren Ausrüstung allerdings wesentlich höhere Ansprüche gestellt werden. Zu den hinzu gekommenen Funktionen gehören das selbstständige Navigieren auf dem Luftweg zur Erreichung der jeweils zuvor eingegebenen Zielposition, die Einhaltung einer vorgegebenen oder auch selbst bestimmten Flughöhe, die selbstständige Gefahrenerkennung und Vermeidung von Kollisionen in Bezug auf stationäre und mobile Hindernisse (Sendetürme, Hochspannungsmasten, Windkraftanlagen und anderen die Route kreuzenden Flugkörper), das selbst eingeleitete Umfliegen sensibler Gebiete und Menschenansammlungen sowie das ebenfalls selbstständige sanfte Landen und Starten der Drohnen. Dazu bedarf es einer Nachrüstung der Drohnen in Bezug auf eine leistungsstarke bordeigene Sensorik (Radar, Laser) sowie eine Computersteuerung, die über eine ausgeklügelte Software verfügt.

Derart ausgerüstete sog. smarte Drohnen erfüllen die in unserem Forderungskatalog enthaltenen Eigenschaften in weitgehendem Maß. Dementsprechend bestimmen wir diese Drohnenkategorie als die für unser Vorhaben am besten geeigneten Luftfahrzeuge.

## 5. Möglichkeiten des Drohneneinsatzes zur Beförderung von Gütern

Ein gewisser Meilenstein der Verwendung von Drohnen war wohl zuerst von *Google* ins Spiel gebracht worden, als dieser Konzern solche Luftfahrzeuge als Träger einer *Ladung* vorstellte. Mit dem Ersteinsatz sollte die schnelle Belieferung dringend benötigter Medikamente in entlegene Gebiete ermöglicht werden [3]. Dieser Einsatzfall wurde kürzlich am Beispiel einer schnellen Lieferung von Medikamenten und Postsendungen auf die Nordseeinsel Juist vom Abflugort Norddeich werbewirksam demonstriert [4]. Diese Verwendungsart von Drohnen war die Geburtsstunde einer neuen Kategorie: die der *Transportdrohnen*.

Der Umstieg auf diese neue Verwendungsart war mit einem vergleichsweise geringen Aufwand verbunden. Die Umrüstung der autonomen Drohnen verlangte anstelle der bisher zumeist vorhandenen Bordkamera lediglich die Anbringung einer bordeigenen Box an der Unterseite zur Aufnahme des jeweiligen Transportgutes mit einer per Fernsteuerung zu öffnenden Tür. Das Höchstgewicht der transportierbaren Traglasten war zunächst gering und lag bei 2 kg. Für das Absetzen der Ladung am Zielort war anfangs das Herablassen der Ware aus einer gewissen Höhe unter Benutzung einer Seilwinde vorgesehen. Spätere Einsätze sollten auch eine Landung der Drohnen ermöglichen, um das jeweilige Transportgut direkt vor Ort zu übergeben. Die Wiedergabe der Abbildung solcher Transportdrohnen verbietet sich hier leider wegen der ungeklärten urheberrechtlichen Gründe. Dafür wird ersatzweise auf die Literatur verwiesen [2], [3]. Mit dieser neuartigen Transportlösung suchte sich der US-Konzern einen Vorsprung gegenüber seinem Hauptkonkurrenten *Amazon* zu sichern. Die dort zum Einsatz kommenden Transportdrohnen setzen allerdings ihre Ladung direkt beim Kunden am Boden ab.

Hinter dem wirkungsvoll verbräuteten Ersteinsatzfall steckt unverkennbar die Absicht, den Lieferservice insgesamt zu revolutionieren. Dazu wird im Rahmen des Projekts *Wing* der Aufbau eines Hochgeschwindigkeits-Liefersystems vorangetrieben. Dieses soll angesichts der mit dem Drohnentransport erreichbaren erheblichen Verkürzung der Transportzeit die Lieferung von – natürlich im Online-Internethandel – bestellter Waren in wenigen Minuten zu den Kunden ermöglichen. Mit dieser neuen Transporttechnologie will man den Internethandel weiter ausbauen und damit auch das Konsumverhalten der Menschen generell verändern.

Mit der Entwicklung von Drohnen für den autonomen Transport von stückigen Gütern soll der *Lieferverkehr* insgesamt revolutioniert werden. Hinter dem Aufbau solcher drohnenbasierter Liefernetze steht die Erwartung eines Milliardenmarktes, an dem sich erkennbar viele Interessenten beteiligen wollen. Diesbezügliche Vorhaben bestehen nicht nur bei *Amazon*, sondern auch der *Schweizer Post*, beim Transportdienstleister *DHL* die sich teilweise sogar mit der Entwicklung eigener Paketdrohnen beschäftigen,

u.a. Auch Automobilhersteller, wie *Daimler*, beteiligen sich inzwischen mit der Entwicklung eines eigenen Quadropters namens *siroop* am Drohnenboom mit der Absicht einer schnellen Ersatzteillieferung an beliebige Orte.

Ermöglichen die bisherigen technischen Lösungen für Transportdrohnen nur die Bewältigung von Traglasten bis zu einem Gewicht von wenigen kg, so ist es wohl nur eine Frage der quantitativen Weiterentwicklung dieser Luftfahrzeuge, bis auch wesentlich schwerere Ladungen auf dem Luftweg transportiert werden können. So ist es gut vorstellbar, dass es in absehbarer Zeit möglich sein wird, beispielsweise auch selbst zu montierende Möbel aus dem IKEA-Sortiment per autonomer Drohnen geliefert zu bekommen. Zu den Hauptnutzern dieser Transporttechnologie werden aber nicht die Einzelkunden, sondern insbesondere die *Logistikbranche* gehören, wobei zu erwarten ist, dass zukünftig großflächig ausgebauten Liefernetze auf Drohnenbasis entstehen, die über eigene Flottenbasen verfügen. Wesentlich wird dann sein, dass dieser Transportservice in den Händen von konzessionierten privat oder kommunal geführten Dienstleistern liegt. Solche Transportdienstleister könnten dann in Zukunft nicht nur in Autobahnnahe liegende Lieferzentren bedienen, sondern auch Kaufhäuser, Discounter, Baumärkte und andere Bedarfsträger mit Waren beliefern. Die Lieferdrohnen werden dann auf Routen verkehren, die bis an die Innenstädte heranreichen können. Sofern es dort nicht die Möglichkeit der Einrichtung von Landeplätzen gibt, kann man immer noch auf die Absetzung der Ware aus niedriger Höhe mittels einer Seilwinde zurückgreifen. Vielleicht wird bei weiterer Steigerung der Traglast eines Tages sogar der Lufttransport von Ladungen in der Größenordnung von Paletten oder vielleicht sogar Containern beherrscht.

Der Lufttransport von Gütern mittels Drohnen ermöglicht durch die Übernahme von Transportdienstleistungen eine Entlastung des LKW-Verkehrs auf unseren Autobahnen und tlw. auch Landstraßen. Dabei werden nahezu alle der eingangs in unserem Forderungskatalog erhobenen Ansprüche an ein zukunftsorientiertes Verkehrssystem erfüllt. Besonders erfreulich ist dabei, dass diese Transportart auch einen wichtigen Beitrag zur Schonung unserer Umwelt wie auch zur Reduzierung des Schadstoffeintrags leistet.

## 6. Möglichkeiten des Drohneneinsatzes zur Beförderung von Personen

Nachdem vorstehend die Potenziale des Transports von *Gütern* per Drohnen verdeutlicht wurden, stellt sich nun die Frage, inwieweit diese Kategorie von Fahrzeugen auch für den Lufttransport von *Personen* infrage kommt. Dazu sei zunächst auf den jüngst bekannt gewordenen Einsatzfall eines sog. *Rettungscopters* verwiesen, der die Rettung von in Seenot geratenen Personen unterstützt [5]. Dem Literaturhinweis kann auch die Abbildung solcher Rettungsdrohnen entnommen werden. Die vergleichsweise einfach ausgestatteten Drohnen werden bei notwendig gewordenen Rettungseinsätzen von Aussichtsplattformen der Überwachungsstationen an Badestränden vom Wachhabenden gestartet und manuell gesteuert, wobei die Bildübertragung einer an Bord befindlichen Minikamera ein genaues Manövrieren erlaubt. Nachdem die Rettungsdrohne in kurzer Zeit die Position der in Gefahr geratenen Person erreicht hat, löst der Drohnenführer die Öffnung der Tür eines bordeigenen Metallkäfigs aus, worauf ein kleines Päckchen zielgenau herunterfällt. In diesem befindet sich ein gut sichtbarer Kunststoffschlauch, der sich im Wasser sekundenschnell aufbläst. Daran kann sich die in Not geratene Person festhalten, bis Hilfe eintrifft. Der erfolgreiche Einsatz solcher Rettungscopter wurde im vergangenen Jahr erfolgreich am Strand von Rostock-Warnemünde getestet. Inzwischen sind auch andere Ostseestrände mit diesem wirksamen Mittel der Lebensrettung von in Seenot geratenen Personen ausgestattet. Die gleiche Hilfeleistung könnte auch geboten werden, wenn auch Kreuzfahrtschiffe und andere Schiffsarten zukünftig mit dieser Rettungstechnologie ausgestattet würden.

Von besonderem Interesse sind natürlich die Verwendungsmöglichkeiten von Drohnen für den eigentlichen *Personentransport*. Dafür sind zunächst technische Lösungen für Drohnen erforderlich, die im Falle eines Ein-Personen-Transports Lasten bis zu 100 kg bewältigen können. Für den drohnen-basierten Personentransport kommt nicht nur aus Gründen der Einsparung eines Fahrzeugführers ausschließlich ein autonomer Betrieb in Betracht. Die Drohnen werden somit fahrerlos verkehren. Beim Personentransport sind nochmals verschärfte Sicherheitsanforderungen zu erfüllen.

Einer Mitteilung ist zu entnehmen, dass es einer chinesischen Firma bereits gelungen ist, ein Flugtaxi mit der Bezeichnung *Ehang 184* für den autonomen Transport *einer* Person zu entwickeln. Dieses Fluggerät in Form eines Oktocopters (Drohne mit 8 Propellern) hat in *Dubai* bereits Testflüge erfolgreich absolviert [6]. Damit sei – so die Verlautbarung – die Möglichkeit eröffnet, mit diesen Drohnentaxis schon bald einen regulären Beförderungsdienst von Einzelpersonen auf vorprogrammierten Routen aufzunehmen. Solche Flugtaxis sollen dann sehr einfach per Smartphone-Apps bestellbar sein, worauf diese nach angemessener Zeit vor der Haustür des Auftraggebers landen. Die mit solchen Taxidrohnen überbrückbaren Entfernungen werden mit maximal 50 km angegeben. Da mag es überraschen, dass es einem Vorreiter dieser Beförderungsart offenbar gelungen scheint, die dabei auftretenden beträchtlichen Probleme bereits jetzt erfolgreich zu lösen. Zur Veranschaulichung sei auf ein Video verwiesen, das direkt als URL heruntergeladen werden kann [9].

In Weiterführung seiner Aktivitäten kündigt das Unternehmen *Ehang* bereits die Entwicklung eines Lufttaxis an, welches *zwei* Personen mit einer Gesamtlast von bis zu 280 kg befördern kann [10]. Eine andere Version ähnlicher Art ist die sog. *Monster-Drohne*, über die in [11] berichtet wird. Die Literaturangaben verweisen auf Links, bei deren Aufruf nähere Informationen sowie auch Abbildungen dieser Taxidrohnen erlangt werden können.

Es ist zu erwarten, dass sich die Beförderungskapazität der Drohnentaxis für Personen im Zug der weiteren Entwicklung erhöht. Die nächste Stufe wären dann Drohnentaxis für die *Mehrpersonenbeförderung*. Inwieweit es im Zuge weiterer Entwicklungen eines Tages gelingt, Drohnentaxis in Busgröße bereitzustellen, bleibt jedoch der Zukunft überlassen. Einigermassen klar scheint hingegen, dass es hier wohl keinen Zugverkehr geben wird.

Das Interesse an drohnenbasierten Lufttaxis weitet sich offenbar weltweit aus. Dies ist wohl dadurch begründet, dass diese Fluggeräte gegenüber anderen flugtechnischen Verkehrsträgern wesentlich aufwandsärmer, sicherer, geräuschärmer und umweltfreundlicher sind.

Dass die sich ausbreitenden autonomen Drohnen zur Beförderung nicht nur von Gütern, sondern zunehmend auch von Personen keine Nischenerscheinung sein werden, lässt sich auch daran erkennen, dass selbst die weltweit größten Flugzeug- und Hubschrauberproduzenten, wie *Airbus Industries*, sich ernsthaft dem Drohnengeschäft zuwenden. Aufhorchen lässt die jüngst (Febr. 2019) von den Medien verbreitete Mitteilung des Chefs des europäischen Luftfahrtunternehmens EADS, *Th. Enders*, dass sich dieser Konzern nach der beabsichtigten Einstellung der Produktion des Superjets *A 380* der zukünftigen Entwicklung von Drohnen zuwenden will und dafür anscheinend beträchtliche Kräfte einzusetzen beabsichtigt. Daraus darf man wohl folgern, dass sich auch die Luftfahrtunternehmen der zukünftigen Bedeutung dieses Verkehrsmittels bewusst sind und bei dem zu erwarteten Geschäft mit dabei sein möchten. Auch der kalifornische Automobildienstleister *Uber* setzt auf das Geschäft mit Flugdrohnen zur Personenbeförderung.

## 7. Anwendungsmöglichkeiten des Drohnentransports

Der Einsatz von Drohnen zur Lasten- bzw. Personenbeförderung ist zunächst dort zu erwarten, wo sich dem Straßentransport besondere Probleme entgegenstellen. Dies können einerseits Anwendungen sein, die eine hohe Transportgeschwindigkeit verlangen. Die schnelle Zulieferung von *Gütern* ist beispielsweise dort erforderlich, wo es sich um die Beförderung dringend benötigter Medikamente, zu implantierender Organe, leicht verderblicher Waren oder auch dringend benötigter Ersatzteile handelt. Auch in Notsituationen, etwa bei Unfällen oder Havarien, kann schnelle Hilfe durch rasche Entsendung von Rettungskräften, Ärzten oder Reparaturpersonal wichtig sein. Ein anderer Grund für die Wahl der Drohnenbeförderung kann das Erreichen schwer zugänglicher Gebiete sein, die dem Landtransport entgegenstehen würden. Solche Erschwernisse liegen vor, wenn Lasten in abgelegene Regionen, über Hochgebirge hinweg oder zu Inseln zu befördern sind.

Neben diesen Spezialfällen gibt es ein noch wesentlich breiteres Feld potenzieller Anwendungsmöglichkeiten des drohnen-basierten Güter- und Personentransports. Hier sind vor allem die Logistik- und Taxibranche zu nennen, welche die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieser Transportart längst erkannt haben. Die Logistikfirmen stehen mit der quantitativen Bewältigung des fortlaufend zunehmenden Internethandels vor großen Herausforderungen, könnten dann aber auch mit kurzen Lieferfristen werben. Daraus ergeben sich große Wettbewerbsvorteile, die voraussichtlich zu einer wesentlichen Ausweitung dieser Transportart führen werden. Lieferziele sind vor allem die zumeist an der Peripherie von Kommunen gelegenen Verteilzentren und Einkaufsmärkte jeder Art, sodass die Orte selbst entsprechend unseren Forderungen nicht überflogen werden müssen. Mit steigender Tragkraft der Transportdrohnen könnten dann zunehmend Transportleistungen in weiter entfernte Gebiete verlagert werden, was zu wesentlichen Entlastungen insbesondere des Regional- und Fernverkehrs auf unseren Autobahnen und teilweise auch Straßen führen würde. Neben der Entlastung dieser überbeanspruchten Verkehrswege würde auch die Umwelt von der neuen Verkehrslösung profitieren

Für die Nutzung von Drohnen zur Beförderung von *Personen* wären wiederum die gleichen Vorzüge wie beim Gütertransport, also Zeitersparnis und Wegvereinfachung, maßgebend. Diese Möglichkeit des schnellen Personentransports in ggfs. abgelegene Gebiete wäre beispielsweise für die Beförderung von Rettungskräften und medizinischem Personal bedeutsam, um Verletzten schnelle Hilfe zukommen zu lassen. Anwendungen ähnlicher Art wären auch der Abtransport von Verletzten oder der Patiententransport aus abgelegenen Gebieten. Auch eilige Geschäftsleute und Politiker würden wohl ebenfalls von den Möglichkeiten des Schnelltransports Gebrauch machen. Aber auch Urlauber werden die Möglichkeiten des schnellen Zubringens zum benötigten Zentralflughafen gern in Anspruch nehmen. Darüber hinaus gibt es möglicherweise auch Einsatzmöglichkeiten für Pendler. Diese könnten durch den schnelleren Lufttransport bis zur Stadtgrenze Zeit einsparen, müssten dort aber voraussichtlich auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen. Damit würde dann in der Rush Hour auch der Zubringerverkehr auf den völlig überlasteten Straßen stark reduziert. Für die weitere Zukunft könnte auch der Mehrpersonenverkehr, etwa im Sinne von *Flixbus*, ins Spiel kommen, wenn bis dahin Drohnen dieser Transportkapazität zur Verfügung stehen. Damit sind jedoch die Perspektiven für den autonomen Einsatz von Lufttaxis auf Drohnenbasis keineswegs erschöpft.

Den Einsatz von Drohnen in innerstädtischen Bereichen muss man wohl eher zurückhaltend beurteilen, obwohl der Begriff „Lufttaxis“ diesbezüglich Assoziationen weckt. Einer solchen Ausweitung stehen Forderungen unseres eingangs aufgestellten Katalogs entgegen. So ist wohl nicht damit zu rechnen, dass das Automobil-bezogene Taxigewerbe in Zukunft grundsätzlich infrage gestellt wird.

Mit der vorstehenden Auflistung von Anwendungsmöglichkeiten sollen nur einige Hinweise für den künftigen Drohneneinsatz gegeben werden. Damit soll insbesondere gezeigt werden, dass diese Transportart Vorteile für die Nutzer bietet, in bestimmten Regionen zu wesentlichen Entlastungen des Straßenverkehrs führen kann und diese Verkehrsart durch die Reduzierung von Treibhausgasen auch die Natur entlastet.

## **8. Probleme und Lösungsansätze zur Realisierung des Drohneneinsatzes**

Bevor es zu einem regulären Betrieb der drohnen-basierten Waren- und Personenbeförderung kommt, sind jedoch noch eine Reihe offener Probleme zu lösen. An oberster Stelle steht dabei die Klärung der mit dieser Beförderungsart zusammenhängenden rechtlichen Probleme, insbesondere hinsichtlich der Genehmigung und Haftung.

Zu den weiterhin anfallenden technischen Aufgaben zählt zunächst die Art und Weise der Herbeirufung solcher Transportmittel, der Beauftragung mit der jeweiligen Transportdienstleistung, der Eingabe des Beförderungsziels, sowie der Abwicklung der Bezahlmodalitäten. Dafür könnten möglicherweise Smartphones eingesetzt werden, die über spezielle Apps verfügen.

Kernstück der benötigten Funktionen ist die autonome Durchführung der übernommenen Transportaufträge. Zu den Aufgaben des selbstständigen Manövrierens gehört die Bestimmung und Einhaltung der

jeweils zielführenden Route. Hier wird man im dreidimensionalen Luftraum möglicherweise „virtuelle Straßen“ festlegen, welche auch die in unserem Katalog aufgeführten Forderungen bezüglich der zu umfliegenden Gebiete berücksichtigen. Zum Manövrieren gehören auch das Erkennen und Umfliegen von ortsfesten und mobilen Hindernissen und die Vermeidung des Überfliegens verbotener Gebiete unter Berücksichtigung dynamischer Anforderungen, wie aktueller Menschenansammlungen, der Kollisionsvermeidung mit anderen Flugkörpern, dem Ausweichen aufziehender Gewitter u. a. m. Hier denkt man beispielsweise über die Einrichtung sog. „virtueller Käfige“ definierter Größe nach, welche die Drohnen auf ihrem Flug umgeben. Eine weitere Aufgabe stellt sich mit der möglichst punktgenauen Landung am Zielort und ordnungsgemäße Übergabe des Transportgutes. Trotz der geschilderten nicht geringen Anforderungen an die selbstständige Flugdurchführung wird eingeschätzt, dass der bei dem autonomen Betrieb von Drohnen zu bewältigende Aufwand geringer ist als bei dem vergleichbaren Problem der autonom agierenden Automobile im Straßenverkehr, weil bei der Bewegung im Luftraum viel weniger Einflussgrößen zu beachten sind.

## 9. Erfüllung von Sicherheitsanforderungen

Die Erwartung bezüglich der zukünftigen Verbreitung des Drohneneinsatzes für Transportzwecke fällt neuerdings ein Schatten auf das Image dieser Technologie, seit selbsternannte Hobbypiloten gefahrenträchtige Aktivitäten auf verschiedenen Flughäfen ausgeübt haben. Höhepunkt derartiger Drohnenmissbräuche war bisher der mehrfache Drohneneinflug über dem englischen Flughafen *Gatwick* bei London im Jahr 2018 mit der Folge der Aussetzung des gesamten Flugbetriebs über 36 Stunden [12]. War die Gefährdung des Luftverkehrs möglicherweise das Werk ahnungsloser Hobbyisten, so zeigt sich doch auf erschreckende Weise, wie verletzlich der Umgang mit Drohnen sein kann. Das Perfide ist daran, dass für die Ausführung solcher Attacken die Nutzung problemlos und billig zu erlangender Minidrohnen ausreichend ist. Selbst Hochleistungssysteme sind inzwischen für ein paar 100 € zu bekommen. Die Auswertung der Schäden an Flugzeugen mit Beinahe-Abstürzen sowie gezielte Modellversuche haben gezeigt, welche gravierende Schäden beim Zusammenprall mit so kleinen Flugkörpern entstehen können, die den Absturz des getroffenen Flugzeugs samt seiner Insassen nach sich ziehen können. Werden solche Attacken entdeckt, so führt dies aus Sicherheitsgründen zwangsläufig zur Sperrung des gesamten Flugbetriebs auf dem Airport mit der Folge von wirtschaftlichen Schäden in Millionenhöhe. Man mag sich auch nicht das Ausmaß der Bedrohung vorstellen, wenn Kriminelle oder gar Terroristen sich solcher Möglichkeiten bedienen. Im Gegensatz zum Terroranschlag auf das World Trade Center am 11. 09. 2001 brauchten dann solche Fanatiker nicht einmal mehr ihr Leben zu opfern oder auch nur Sprengstoff einzusetzen, um solche Gewalttaten an Flugzeugen auszuführen.

Bei allem Entsetzen sollten wir jedoch nicht vergessen, dass für solche Anschläge nicht die hier behandelten Transportdrohnen infrage kommen, sondern es genügt, ganz kleine und billig zu erwerbende Minidrohnen dafür einzusetzen. Somit ist also dringender Handlungsbedarf angezeigt, um schnellstens wirksame Schutz- sowie auch entsprechende Vorsorgemaßnahmen gegen solche Attacken zu ergreifen.

Von solchem Drohnenmissbrauch aufgeschreckt, wurde schnell klar, dass eine optische oder auch sensorisch gestützte Überwachung gefährdeter Lufträume nicht ausreichend ist. Das bedeutet, dass kurzfristig wirksame Abwehrmaßnahmen eingesetzt werden müssen. Dazu denkt man über folgende Möglichkeiten nach [12]:

- Einführung von Fluggenehmigungen für Drohnen mit einem Gewicht ab 250 Gramm
- Einführung einer Flugverbotszone entlang von Bundesstraßen, Bahngleisen und Industrieanlagen mit beidseitigem Abstand von je 100m sowie von spontan erkannten Menschenansammlungen und Rettungseinsätzen
- Installation einer Zusatzsoftware in den Drohnen, die anhand von GPS-Daten automatisch Flugverbotszonen erkennt und entweder eine Warnung ausgibt oder ein Umfliegen anordnet (genannt *Geofencing*)

- Einbindung der Drohnen in die Überwachung des Luftraums (bspw. Bordeinsatz von Mobilfunk-Transpondern)
- Das Einfangen von in Schutzzonen eingedrungenen Drohnen mittels Fangnetz oder Vernichten durch gezielten Abschuss (bspw. *Laser*)

## 10. Resultat und Weiterführung

Mit den vorstehenden Darlegungen soll eine Vision vorgestellt werden, die eine Möglichkeit aufzeigt, bedeutende Teile des automobilen Straßenverkehrs zukünftig in den erdnahen Luftraum zu verlagern. Als dafür am besten geeignetes Luftverkehrsmittel wurde der Einsatz von Multicoptern vorgesehen, welche die Einsatzanforderungen eines zuvor aufgestellten Katalogs weitgehend erfüllen. Nach knapper Schilderung bisher bekannt gewordener Verwendungsarten von Drohnen wird die Möglichkeit des Einsatzes als luft-gestütztes Transportmittel herausgestellt. Dazu wird an bereits bekannt gewordene erste Realisierungsbeispiele dieser neuartigen Transporttechnologie angeknüpft. Diese beziehen sich zunächst auf den Transport von Gütern, welche dann später auf den Personentransport erweitert werden. Dazu wird auch auf die bei dieser Transporttechnologie zu lösenden technischen Aufgaben eingegangen und einige Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Es folgen Betrachtungen über die potenziellen Nutzungsmöglichkeiten dieser innovativen Beförderungsart. Diese leiten sich weitgehend von den verlockenden Eigenschaften dieser Transporttechnologie ab. Zu den neuen Qualitätsmerkmalen zählen insbesondere die Verkürzung der Reisezeit infolge des nur wenig beschränkten Verkehrsraumes sowie die problemlose Überwindbarkeit von Gebirgen, Flüssen und Seegebieten entlang der zielführenden Route. Damit können auch weit entfernte und vor allem auch schwer zugängliche Orte problemlos erreicht und somit bedient werden.

Die Auswirkungen der drohnen-basierten Transporttechnologie werden sich in der spürbaren Reduzierung des automobilen Straßenverkehrs zeigen. Die Erleichterungen werden sich besonders beim LKW-Verkehr auf Autobahnen und Landstraßen bemerkbar machen. In gewissem Maße kann auch der PKW-Verkehr davon profitieren, indem beispielsweise die Anzahl der überwiegend mit einer Person besetzten PKWs der Pendler reduziert sowie der Taxiverkehr revolutioniert wird. Profitieren werden auch die Anwohner solcher Verkehrswege wegen der geringeren Lärmbelastungen. Die Vorteile dieser Verkehrsart kommen jedoch nicht nur dem menschlichen Nutzer zugute. Wirksame Beiträge werden auch in Bezug auf die Reduzierung der Schadstoffbelastung als Folge des automobilen Verkehrs geleistet und damit auch das Klima geschont.

Wenn in den Darlegungen bereits jetzt auf mehrere erfolgversprechende Erstlösungen des Drohnen-transports hingewiesen werden konnte, so wird sich die volle Wirksamkeit dieser neuen Verkehrsart erst in der Zukunft zeigen. Hier wird von der sich anbahnenden Drohnenwirtschaft ein Milliardenmarkt erwartet. Um eine Vorahnung von der Größenordnung der erzielbaren Umsätze zu vermitteln, seien die Zahlen aus den USA wiedergegeben [12]. Danach liegt der diesbezügliche Umsatz im laufenden Jahr bei 13,6 Mrd. \$ und soll bis 2025 auf 82 Mrd. \$ steigen.

Bis es dahin kommt, werden aber noch zahlreiche Probleme zu lösen sein. Die dazu gehörenden technischen Aufgaben betreffen einerseits die Transportdrohnen als spezielle Luftfahrzeuge, bei denen vor allem in quantitativer Hinsicht eine beständige Weiterentwicklung erwartet wird. Auch bei der Stromversorgung wird es mutmaßlich Veränderungen geben. Mit der Ausweitung der Transportentfernung wird die Bereitstellung des benötigten Stroms aus der mitgeführten Batterie nicht mehr ausreichend sein. Für die Absolvierung von Langstreckenflügen wird dann die Problemlösung möglicherweise im Einsatz der Wasserstofftechnologie unter Verwendung einer Brennstoffzelle als Energiewandler liegen.

Zu den dringlich zu lösenden Problemen gehört insbesondere auch die Realisierung wirksamer Maßnahmen zur Gefahrenabwehr in Bezug auf das Eindringen in verbotene Lufträume durch leichtsinnige



Hobbyflieger, vor allem aber zur Abwehr von Attacken gezielt vorgehender Krimineller oder Terroristen. Der dafür einzusetzende technische Aufwand wird mutmaßlich nicht gering sei, ist jedoch auch unabhängig von dem hier betrachteten Verwendungsart von Drohnen aufzubringen.

Darüber hinaus bedürfen derzeit ebenfalls im Zusammenhang mit der Drohnentechnologie auftretende Fragen rechtlicher Art noch einer Lösung. Dazu zählen u. a. die Haftung und Versicherung, wofür kurzfristig Lösungen benötigt werden.

Wenn auch die Technologie der Transportdrohnen keinesfalls *sämtliche* Verkehrsprobleme lösen wird, so kann die sinnvolle Nutzung des erdnahen Luftraums doch erheblich dazu beitragen, das Verkehrschaos aus unseren Straßen wirksam zu bekämpfen und die Umgebung zu entlasten.

## Literatur

- [1] Weller, W.: Künstliche Agenten – eine Technologie mit großem Zukunftspotenzial. Druck und Verlag epubli GmbH Berlin ISBN 978-3-8442-5642-0
- [2] Woldt, M.: Es (f)liegt was in der Luft. Boten. Berliner Zeitung Nr. 118, 23 -25.Mai. 2015, S. A 1
- [3] Rest, J.: Googles fliegende Boten.
- [4] Honnigfort, B.: Medikamente kommen mit der Botendrohne. Berliner Zeitung Nr. 271, 20. Nov. 2014, S. 8
- [5] Pieper, H.: Baywatch mit fliegenden Helfern. ADACmotorwelt 9/2018, S. 64-65
- [6] Weissenborn, St.: Wenn das Taxi abhebt. Berliner Zeitung Nr. 94, 22./23. Apr. 2017, S. B 8
- [7] N. N.: Taxi-Drohen. ADACmotorwelt 4/2017, S. 8
- [8] N. N.: Notiz. ADACmotorwelt 7/2018, S. 10
- [9] [https://video.golem.de/Wissenschaft/18346/passagierdrohne-ehang ...](https://video.golem.de/Wissenschaft/18346/passagierdrohne-ehang...)
- [10] [www.golem.de/news/lufttaxi-passagierdrohne](http://www.golem.de/news/lufttaxi-passagierdrohne)
- [11] <https://t3n.de/news/volocopter-monster-drohne-zwei-511112>
- [12] Wintzenburg, J., B.: Der Schwarm. 80 Stern 24. 01. 2019, S.80-84